

USING THE MICROSCOPE FOR DIAGNOSTICS OF STRUCTURE OF MATERIALS AND FAULT EL. EQUIPMENT

Jan Cvak

Master Degree Programme (5), FEEC BUT

E-mail: xcvakj00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: František Veselka

E-mail: veselka@feec.vutbr.cz

Abstract: The goal of this thesis is to describe the possibility of using a microscope for documentation of defects and innovation of electrical machines. I used an electron microscope to document carbon brushes and nanomaterials for possible upgrade of the sliding contact. Used microscopes gives us detailed information about the structure of materials at locations with the largest stress in the electrical machine. Collected data can be further analyzed and carbon brushes can be innovated according to the results.

Keywords: nanomaterials, innovation, material structure, diagnostic methods, sliding contact

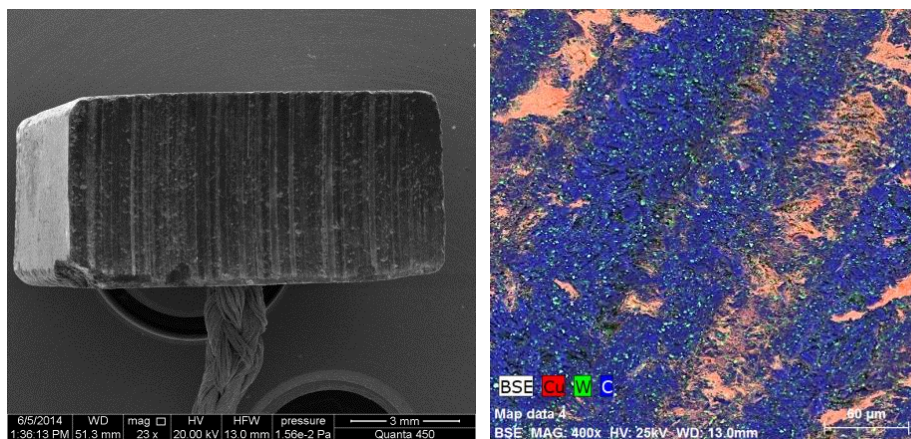
1. ÚVOD

Využití mikroskopů, jak elektronových tak optických, přináší pro diagnostiku vad elektrických strojů neocenitelné informace. Záleží však na ekonomickém aspektu a proto je vhodné se dobře rozmyslet před danou analýzou. Ve své práci jsem využil optického mikroskopu, který mi poskytl nejen detailní informace v dané lokaci, ale hlavně informaci o barvě. Tyto údaje lze využít např. při teplotní degradaci materiálu tj. změna barvy materiálu.

Pro detailnější popis struktury materiálu jsem použil elektronový rastrovací mikroskop QUANTA SEM. Tento typ mikroskopu v současné době pomáhá při inovacích zařízení např. využití nanomateriálů pro zlepšení vlastností elektrických strojů.

2. ANALÝZA UHLÍKOVÉHO KARTÁČE

Do své práce jsem si vybral analýzu uhlíkového kartáče. Nejdříve jsem sledoval vliv opotřebení kartáče při běžném provozu elektrického zařízení. Využil jsem EDS analýzy pro zmapování otěru mědi z komutátoru na uhlíkový kartáč. Podrobnější informace o EDS analýze jsou dostupné na [1]. Na Obrázku 1 je vyfocen uhlíkový kartáč a jeho materiálová analýza. Při této analýze jsem si potvrdil přítomnost mědi na povrchu kartáče. Analýza odhalila přítomnost i jiného prvku, konkrétně wolframu. Následujícím krokem bylo zjistit, zda nešlo o kontaminaci např. z komutátoru nebo v důsledku špatné manipulace se vzorkem.

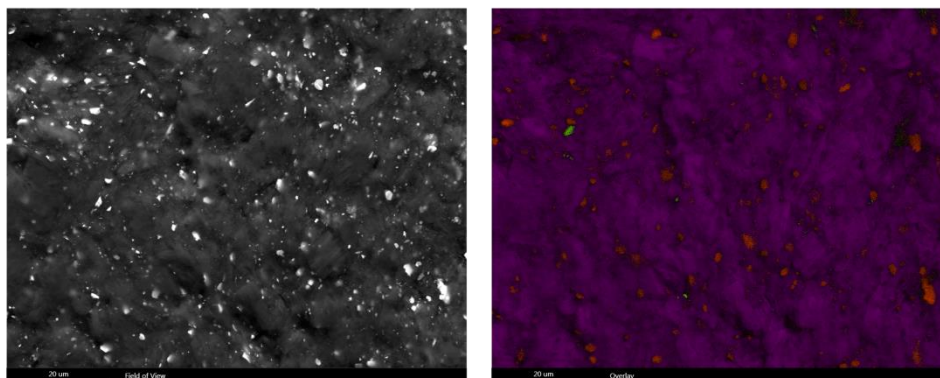


Obrázek 1: vlevo – Obraz sekundárních elektronů z elektronového mikroskopu;
vpravo - Rozložení prvků při materiálové analýze EDS použitého kartáče.

2.1. ANALÝZA NEPOUŽITÉHO KARTÁČE

Abych vyloučil kontaminaci, analyzoval jsem nepoužitý uhlíkový kartáč. Provedl jsem opět EDS analýzu a výsledek je zobrazen na Obrázku 2. Levý obrázek byl pořízen detektorem, který snímá zpětně odražené elektrony. Prvky s větší atomovou hmotností jsou reprezentovány jasnějším odstínem. V pravé části je zobrazeno rozložení dle prvků. Fialová barva reprezentuje uhlík, oranžová barva wolfram a zelená kyslík (oxid prvku).

V této části uhlíkového kartáče se nachází hmotnostních 6% wolframu.

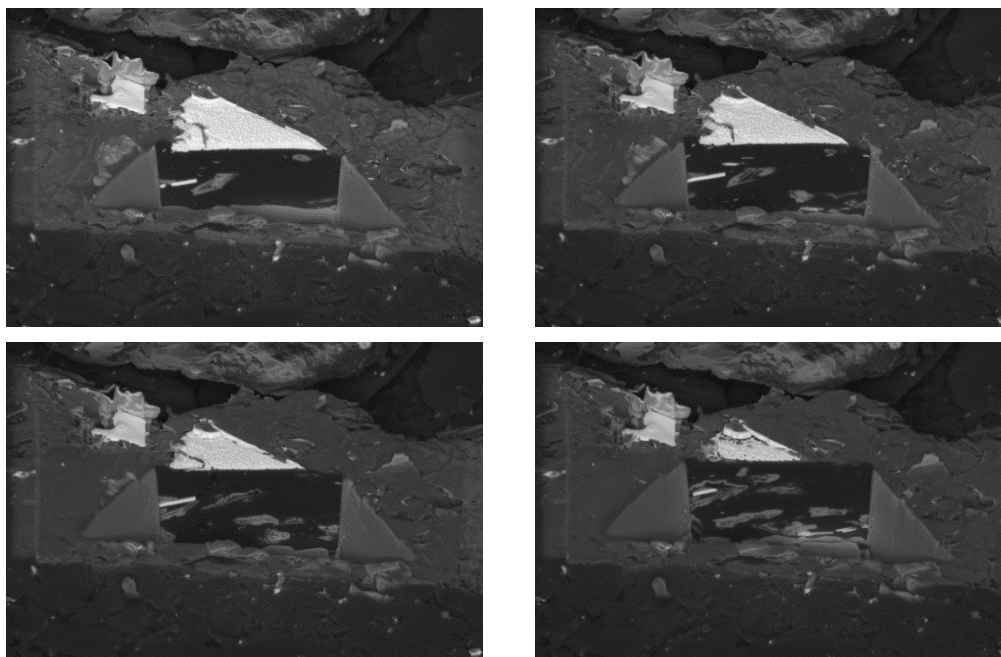


Obrázek 2: vlevo – Obraz zpětně odražených elektronů z elektronového mikroskopu;
vpravo - Rozložení prvků při materiálové analýze EDS nepoužitého kartáče.

2.2. ŘEZ IONTOVÝM SVAZKEM

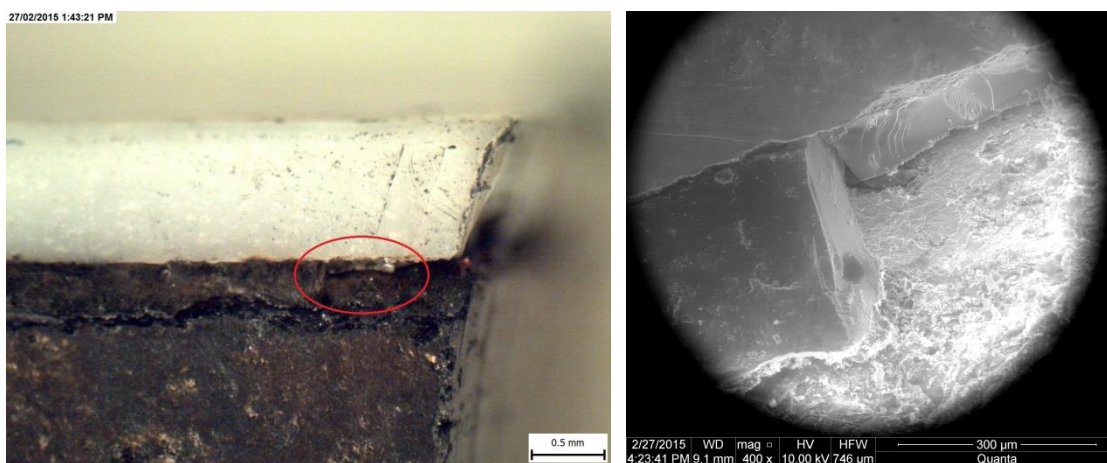
Pro získání více informací o přítomnosti wolframu v objemu kartáče jsem se rozhodl provést lom kartáče a následně ho zanalyzovat. Z důvodu lepšího přehledu v prostoru jsem zvolil použití iontového svazku pro odprašování tenkých vrstev. Tato metoda byla provedena na mikroskopu HELIOS NANOLAB. Celkem bylo provedeno 38 řezů po 25nm. Obrázek 3 ukazuje 4 vybrané řezy na kte-

rých je vidět prostorové rozložení wolframu. Wolfram je reprezentován jasnějším odstínem (bílá). Z těchto informací lze konstatovat, že wolfram je nedílnou součástí uhlíkového kartáče.



Obrázek 3: Průběžný řez materiálem kartáče.

3. INOVOVANÝ UHLÍKOVÝ KARTÁČ

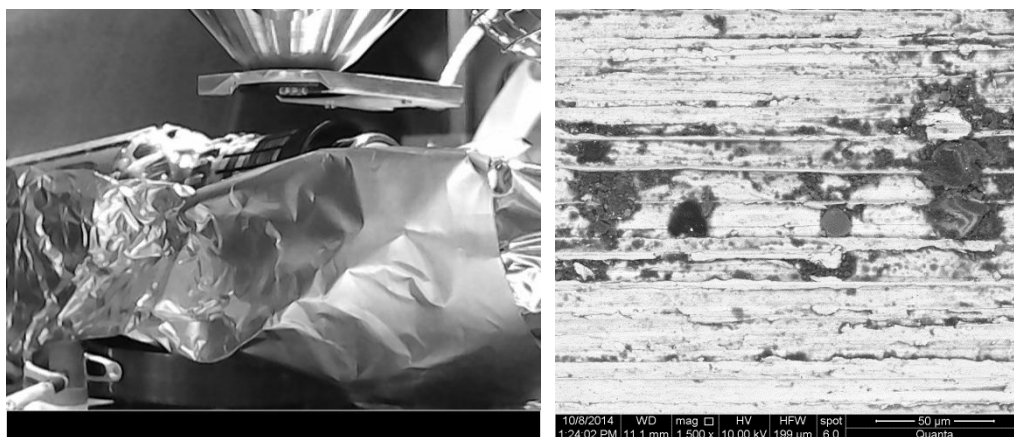


Obrázek 4: **vlevo** – Část uhlíkového kartáče s nalepeným teflonem, obrázek pořízen optickým mikroskopem **vpravo** – Detail narušeného spoje teflonu a kartáče, obrázek pořízen elektronovým mikroskopem s detektorem GSED;

U tohoto typu kartáče jsem se zaměřil na část, která je nejvíce namáhaná při provozu tj. odběhová strana kartáče. Na této straně je nalepen teflonový pásek viz. Obrázek 4 vpravo, který má příznivý vliv na klzný kontakt. Po bližším prozkoumání obrázku lze vidět chybějící část lepidla. Tuto skutečnost bych přisoudil přítomnosti velkých tangenciálních sil.

4. LAMELA KOMUTÁTORU

Dále je třeba zdokumentovat jak ovlivňuje přítomnost wolframu kluzný kontakt. Zda se nachází na lamelách komutátoru a zda má případný pozitivní či negativní vliv na dobu životnosti kluzného kontaktu. Výsledky z této analýzy ještě nejsou k dispozici. Na Obrázku 5 vlevo je vyfocen rotor, který je umístěn pod diodový detektor a na pravém obrázku je vyfocen detail lamely.



Obrázek 5: vlevo – Uložení komutátoru pod detektorem v komoře elektronového mikroskopu; vpravo – Detail lamely – obraz zpětně odražených elektronů.

5. ZÁVĚR

Použil jsem optický a elektronový mikroskop k analýze uhlíkového kartáče a komutátoru rotoru z ručního náradí firmy Narex.

Z analýzy obyčejného uhlíkového kartáče elektronovým mikroskopem a EDS detektorem vyšlo najevo, že obsahuje příměsi jiného těžkého prvku. Koncentrace této příměsi se pohybuje v rozmezí od 1 do 6 hmotnostních procent. Odprášením svrchní vrstvy vzorku za použití iontového svazku bylo zjištěno, že těžký prvek se nalézá i v objemu vzorku, nejen na povrchu vzorku.

Dalším analyzovaným vzorkem byl inovovaný kartáč s teflonovou destičkou. Analýza optickým mikroskopem odhalila, že teflonová destička nepřiléhá k uhlíkovému kartáči po celé jeho délce, což může mít negativní vliv na chování kluzného kontaktu.

EDS analýza označila těžký prvek jako wolfram – toto tvrzení je však ještě potřeba ověřit jinou nezávislou metodou. V současné době probíhá volba ověřovací metody a analýza lamel komutátoru.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych tímto chtěl poděkovat vedoucímu mé práce, panu doc. Ing. Františku Veselkovi, CSc., za odborné vedení a dále také, děkuji rodině a firmě FEI Czech Republic s.r.o. za možnost využití mikroskopů pro moji práci.

REFERENCE

- [1] Energy Dispersive Spectroscopy on the SEM. University of Minnesota [online]. [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: http://www.charfac.umn.edu/instruments/eds_on_sem_primer.pdf